

Auflösung großer, symmetrischer Gleichungssystememit der Cholesky-Methode

- Programmbeschreibung -

zusammengestellt von

Dr.-Ing. György Iványi

BIBLIOTHEK  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig  
Beethovenstraße 52  
D-3300 Braunschweig

Braunschweig, Dezember 1971

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Methode	2
2. Numerische Durchführung, Speicherbedarf	3
3. Beschreibung der Unterprogramme	6
SYMZ1	6
SYMZ2	8
SYMZ3	8
SYMZ4	9
SYMB1	10
SYMB2	10
4. Flußdiagramm für die einzelnen Lösungsarten	10
4.1 Direktlösung	10
4.2 Lösung für Bandstrukturen	11
5. Liste der Unterprogramme	15
SYMZ1	15
SYMZ2	17
SYMZ3	18
SYMZ4	19
SYMB1	20
SYMB2	22

### 1. Methode

Das lineare, inhomogene Gleichungssystem mit mehreren (i) rechten Seiten

$$(1)^{+)} \quad [A] \{x\}_i = \{b\}_i$$

soll nach der Cholesky-Methode aufgelöst werden, wobei vorausgesetzt wird:

$$(1a) \quad [A] \quad \text{symmetrisch, positiv definit}$$

$$(1b) \quad \{b\}_i \quad \text{mindestens ein } b_k \neq 0.$$

Die Lösung erfolgt nach diesem Verfahren in zwei Schritten,

a) einem ersten lastunabhängigen Schritt, wobei die Koeffizientenmatrix  $[A]$  in eine obere  $[S]$  und eine untere  $[S]^T$ -Dreiecksmatrix<sup>++)</sup>

$$(2) \quad [A] = [S]^T [S]$$

zerlegt wird.

b) in einem zweiten lastabhängigen Schritt, bei dem aus der Beziehung

$$[S]^T [S] \underbrace{\{x\}_i}_{\{f\}_i} = \{b\}_i \quad (\text{vgl. (1) und (2)})$$

$$(3) \quad [S]^T \{f\}_i = \{b\}_i$$

---

<sup>+)</sup>   $[ \quad ]$  - Klammer : Matrix  
           $\{ \quad \}$  - Klammer : Vektor

<sup>++)</sup>   $[ \quad ]^T$  - Transponierte Matrix

zunächst die Hilfsvektoren  $\{f\}_i$  - Vorwärtslösung - und danach aus

$$(4) \quad [S]\{x\}_i = \{f\}_i$$

die Lösungsvektoren  $\{x\}_i$  - Rückwärtslösung - ermittelt werden.

## 2. Numerische Durchführung, Speicherbedarf

Wegen der Voraussetzung einer symmetrischen Matrix  $[A]$  der Größe  $n \times n$  genügt es, nur  $n(n+1)/2$  Koeffizienten spaltenweise zu speichern. Diese werden im Verlaufe der Dreieckszerlegung durch die Koeffizienten der Matrix  $[S]$  überspeichert. Für die rechten Seiten muß ein Vektor der Länge  $n$  bereitgestellt werden, der zuerst durch die modifizierte rechte Seite  $\{f\}_i$  und danach durch den Lösungsvektor  $\{x\}_i$  überspeichert wird.

Für die numerische Durchführung der Lösung bestehen in Abhängigkeit von der Besetzung der Matrix  $[A]$  grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

### a) Direktlösung - für annähernd voll besetzte Matrizen

In diesem Fall kann an eine Anlage IBM 1130-16K ein Gleichungssystem bis zu 110 Unbekannten mit beliebig vielen rechten Seiten ohne Inanspruchnahme des Plattenspeichers gelöst werden.

Der Zeitbedarf für den lastunabhängigen ersten Schritt beträgt

$$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot n^3 \text{ [sec]},$$

d.h. für die max. Anzahl von 110 Unbekannten  $\sim 11$  Minuten. Der lastabhängige Schritt dürfte je Lastfall etwa 10 % der oben genannten Zeit betragen.

### b) Lösung für Bandstrukturen - für wenig besetzte Matrizen

Die meisten statischen Probleme lassen sich bei Verwendung

der Deformationsmethode auf eine tridiagonale Hypermatrix  
- Bandstruktur zurückführen.

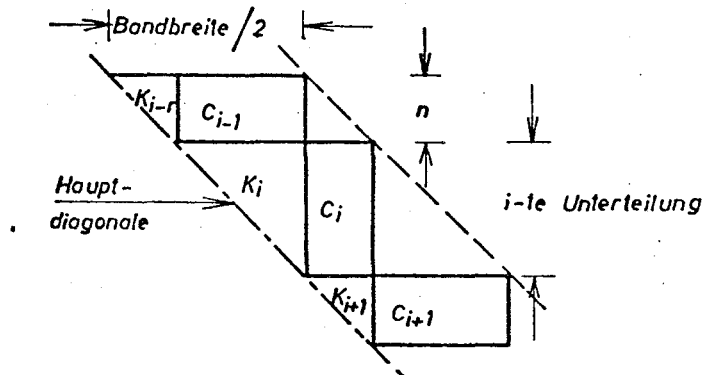


Bild 1

Die einzelnen Hypermatrizen  $[K]_i$  sind dabei von quadratischer  $n_i \times n_i$ , die  $[C]_i$  hingegen von beliebiger Art  $n_i \times n_i + 1$ .

In solchen Fällen ist es zweckmäßig, bei der Lösung - unter Zuhilfenahme externer Speicher - "unterteilungsweise" vorzugehen, wofür an einer Rechenanlage IBM 1130-16K eine halbe Bandbreite (vgl. Bild 1) von max. 120 gewählt werden kann.

Der Zeitbedarf des lastunabhängigen Teils der Lösung beträgt

$$3,2 \cdot 10^{-3} \cdot (n^3) \text{ [sec]}.$$

Bei der maximalen Ausnutzung des Kernspeichers -  $n = 60$  - resultiert daraus eine Rechenzeit von  $\sim 12$  Minuten. Für die Lastseite erhöht sich der Zeitbedarf im Vergleich zur Direktlösung von  $\sim 10\%$  auf  $\sim 18 - 22\%$ . Dies hängt mit der Zugriffszeit des Plattenspeichers zusammen.

Eine erhebliche Reduzierung der Rechenzeit ist zu erreichen, wenn die tatsächlich meist unvollständige Besetzung der  $[C]_i$ -Matrizen berücksichtigt wird. Die einfachste Möglichkeit hierfür besteht darin, eine unterschiedliche "interne Bandbreite" parallel zur Hauptdiagonale (vgl. Bild 2) zu definieren.

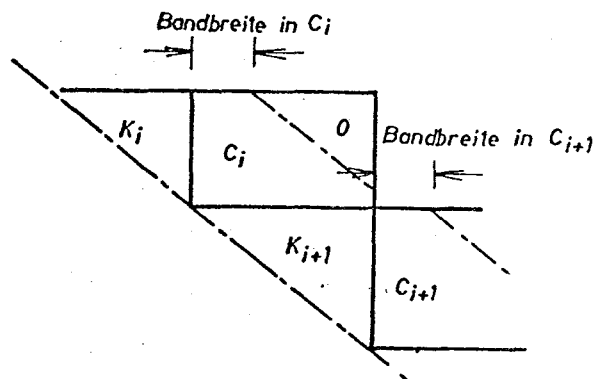


Bild 2

Hierdurch wird die eigentliche Bandbreite nach Bild 1 beträchtlich verringert. Zu beachten ist nur, daß die interne Bandbreite dem Charakter der  $[C]_i$ -Matrix entsprechen muß, da sie stets unter  $45^\circ$  verläuft (vgl. Bild 3).

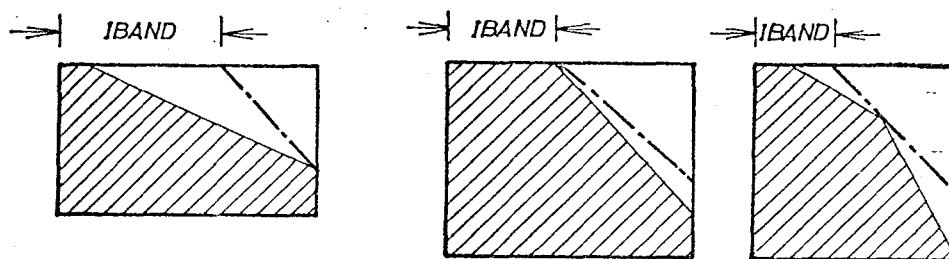


Bild 3

Untersuchungen für den Zeitbedarf ergaben, daß dieser nahezu linear mit kleiner werdender interner Bandbreite ( $n_i$ ) abnimmt. So beträgt für  $n = 65$  und  $n_i = 1$  die Rechenzeit nur noch 45 % der ursprünglich erforderlichen. Im unteren Bereich  $n_i < n/3$  gilt näherungsweise

$$1,4 \cdot 10^{-3} n^3 + 10,0 n_i \text{ [sec]}.$$

Allgemein kann in etwa von einem Zeitbedarf von

$$2,1 \cdot 10^{-3} n^3 \text{ [sec]}.$$

ausgegangen werden.

Zu bemerken ist, daß der Zeitbedarf an Rechenanlagen der "dritten" Generation nur den fünfzigsten bis siebzigsten Teil hiervon beträgt, d.h. daß der für eine IBM 1130 in Minuten angegebene Wert an Großrechenanlagen Sekunden entspricht.

### 3. Beschreibung der Unterprogramme

Für die Durchführung der Lösung stehen 4 Unterprogramme zur Verfügung, die in einem beliebigen Hauptprogramm (Flußdiagramme in Abschnitt 4) aufgerufen werden können, da sie keinen COMMON-Bereich und keine festen DIMENSIONS-Grenzen enthalten. Letzteres bedingt allerdings, daß die Eingangsmatrix(-zen) linear gespeichert zur Verfügung steht. Eine evtl. erforderliche Umspeicherung feldweise hergestellter Koeffizientenmatrizen kann mit folgenden Umrechnungsformeln durchgeführt werden:

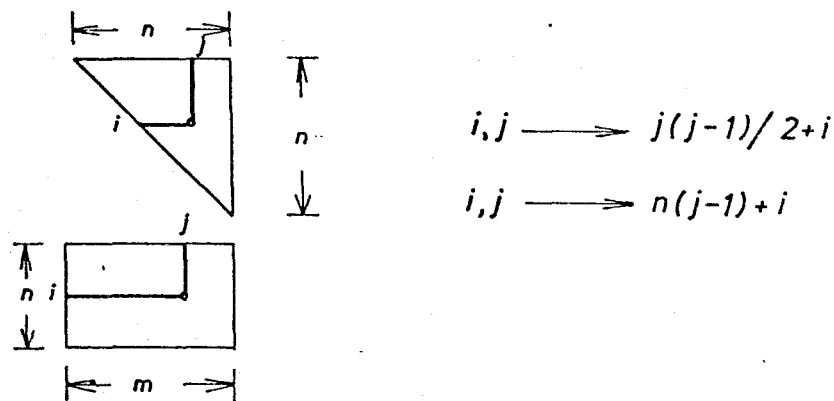


Bild 4

#### a) SUBROUTINE SYMZ1 (K,NK,C,NC)

Argumentenliste:

- K - real, enthält die Koeffizienten der oberen Hälfte einer symmetrischen Matrix, spaltenweise gespeichert;
- NK - Anzahl der Zeilen (= Spalten) in K;

- C - real, enthält die bereits zerlegten Koeffizienten einer  $C_{i-1}$ -Matrix nach Bild 1, spaltenweise gespeichert;
- NC - Anzahl der Zeilen in  $C_{i-1}$ .

Anzahl der Glieder

- in K  $NK \times (NK+1)/2$
- in C  $NK \times NC$

Der Aufruf dieses Unterprogramms bewirkt die Dreieckszerlegung im Bereiche der  $K_i$ -Matrix nach Bild 5:

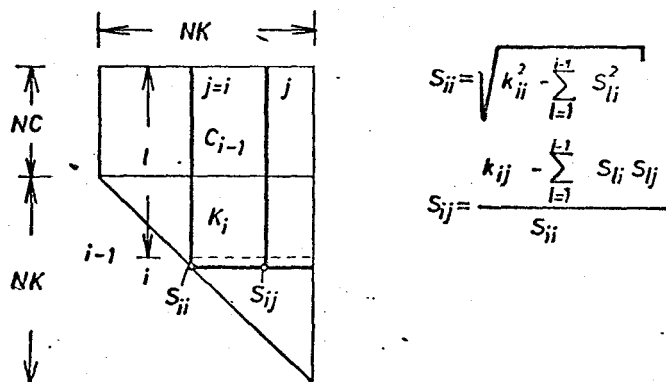


Bild 5

Voraussetzung ist, daß die Zerlegung im Bereich der  $C_{i-1}$  Matrix bereits durchgeführt wurde.

Im Falle einer Direktlösung (vgl. Abschnitt 2a)) muß  $NC=0$  gesetzt werden. Hierdurch wird erreicht, daß für die Zerlegung nur die Koeffizienten im Bereich der  $K_i$ -Matrix benutzt werden. In der Argumentenliste muß dennoch eine mindestens  $C(1)$  (Schein-)Größe stehen.



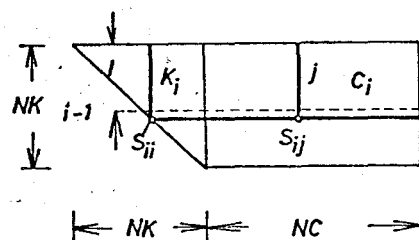
b) SUBROUTINE SYMZ2 (K,NK,C,NC)

Argumentenliste:

- K, NK - vgl. SYMZ1;
- C - real, enthält die Koeffizienten einer  $C_i$  Matrix (Hypermatrix neben  $K_i$ ) nach Bild 1, spaltenweise gespeichert;
- NC - Anzahl der Spalten in  $C_i$ .

Anzahl der Glieder: wie bei SYMZ1.

Der Aufruf dieses Unterprogrammes bewirkt die Dreieckszerlegung im Bereich der  $C_i$ -Matrix nach Bild 6:



$$S_{ij} = \frac{C_{ij} - \sum_{l=1}^{i-1} S_{li} S_{lj}}{S_{ii}}$$

Bild 6

Voraussetzung ist, daß die Zerlegung im Bereich der  $K_i$ -Matrix bereits erfolgte.

c) SUBROUTINE SYMZ3 (K,VK,NK,C,VC,NC)

Argumentenliste:

- K,NK,C,NC - wie bei SYMZ1;
- VK - Vektor der Länge NK, enthält die rechte Seite im Bereich der i-ten Unterteilung nach Bild 1;
- VC - Vektor der Länge NC, enthält die modifizierte rechte Seite (vgl. Gl. (3)) im Bereich der i-1-ten Unterteilung.

Der Aufruf dieses Unterprogrammes bewirkt die Ermittlung der modifizierten rechten Seite im Bereich der i-ten Unterteilung nach Bild 7.

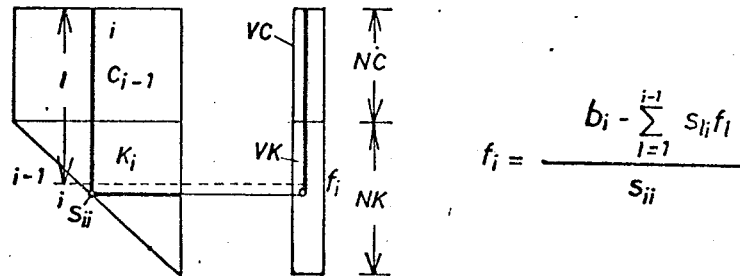


Bild 7

Vorausgesetzt ist dabei, daß die Ermittlung der modifizierten rechten Seite im Bereich der  $i-1$ -ten Unterteilung bereits erfolgt ist.

Im Falle einer Direktlösung (vgl. Abschnitt 2a)) muß  $NC=0$  gesetzt werden. Dennoch müssen auch hier in der Argumentenliste mindestens  $C(1)$  und  $VC(1)$  (Schein-)Größen stehen.

d) SUBROUTINE SYMZ4 (K,VK,NK,C,VC,NC)

Argumentenliste:

- K,NK,C,NC - wie bei SYMZ2;
- VK - Vektor der Länge NK, enthält die modifizierte rechte Seite im Bereich der  $i$ -ten Unterteilung;
- VC - Vektor der Länge NC, enthält die Lösung im Bereich der  $i+1$ -ten Unterteilung.

Der Aufruf dieses Unterprogramms bewirkt die Ermittlung der Lösung im Bereich der  $i$ -ten Unterteilung nach Bild 8.

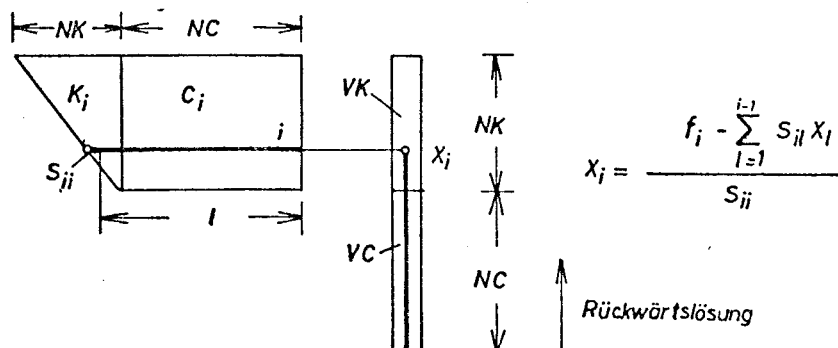


Bild 8

Voraussetzung ist, daß der Lösungsvektor im Bereich der  $i+1$ -ten Unterteilung bereits bekannt ist.

Für den Fall einer Direktlösung gelten die Regeln nach b).

Alternativlösung unter Berücksichtigung der internen Bandbreite in den  $C_i$ -Matrizen.

e) SUBROUTINE SYMB1 (K, NK, C, NC, I BAND)

Argumentenliste:

K, NK, C, NC - wie bei SYMZ1

IBAND - interne Bandbreite in der  $C_{i-1}$ -Matrix,  
nach Bild 2.

Es gelten die Beziehungen (5) und (6). Beim Fortschreiten nach rechts beginnt die Schleife mit dem Index  $l$  so lange bei  $l = 1$ , bis die interne Begrenzung der Bandbreite erreicht wird; danach erhöht er sich jeweils um eins.

f) SUBROUTINE SYMB2 (K, N, K, C, NC, IBAND)

Argumentenliste - vgl. SYMB1

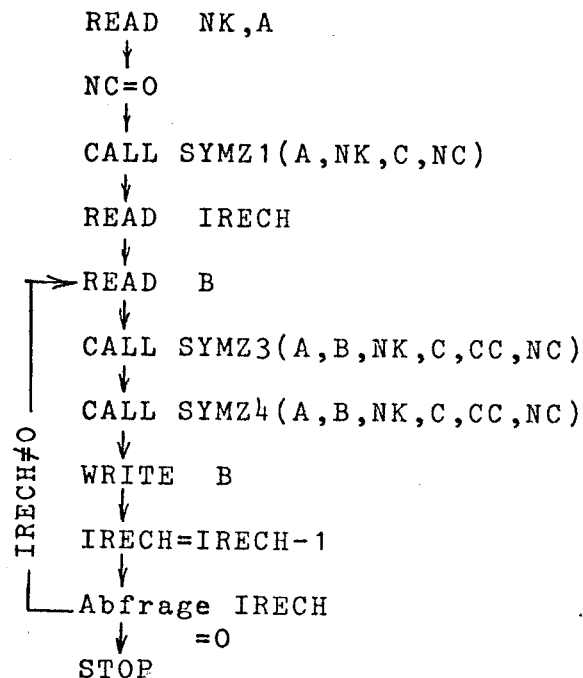
In Gleichung (7) ist der Beginn der Schleife mit dem Index  $l$  entsprechend, wie unter e) beschrieben, veränderlich.

#### 4. Flußdiagramme für die einzelnen Lösungsarten

##### 4.1 Direktlösung

Im Falle der Direktlösung besteht der Programmablauf aus dem einmaligen Aufruf des Unterprogramms SYMZ1 und aus dem  $i$ -maligen Aufruf von SYMZ3 und SYMZ4.

```
DIMENSION A(NK (NK+1)/2),B(NK),C(1),CC(1)
```



Hierin bedeuten:

IRECH	Anzahl der rechten Seiten
NK	Anzahl der Unbekannten
A	Koeffizientenmatrix
B	Rechte Seite bzw. Lösung
C,CC	Scheingrößen

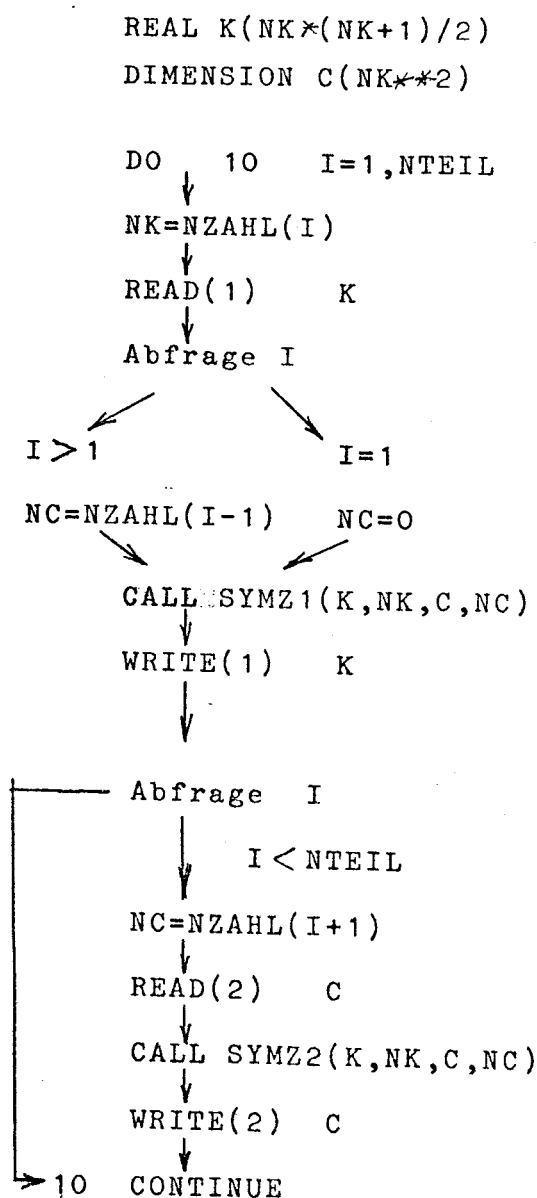
#### 4.2 Lösung für Bandstrukturen

Im Falle einer Bandmatrix müssen sowohl die Eingangsgrößen als auch die Ergebnisse auf externen Speichergeräten bereitgestellt werden. Bei Benutzung eines Plattenspeichers sind 3 FILES zu definieren:

FILE 1	-	$K_i$ -Matrizen
FILE 2	-	$C_i$ -Matrizen
FILE 3	-	rechte Seite (-n), Lösung (-en)

Zur zeitunabhängigen Berechnung mehrerer Lastfälle ist es empfehlenswert, den Lösungsablauf in zwei getrennte Schritte (vgl. Abschnitt 1) aufzuspalten. Der dadurch erforderliche Mehrbedarf an Plattenbefehlen wird bei weitem durch den Vorteil aufgehoben, daß dann der lastabhängige Schritt jeweils separat durchgeführt werden kann, was bei Iterationsprozessen u.U. unumgänglich ist.

Der lastunabhängige Teil verläuft wie folgt:

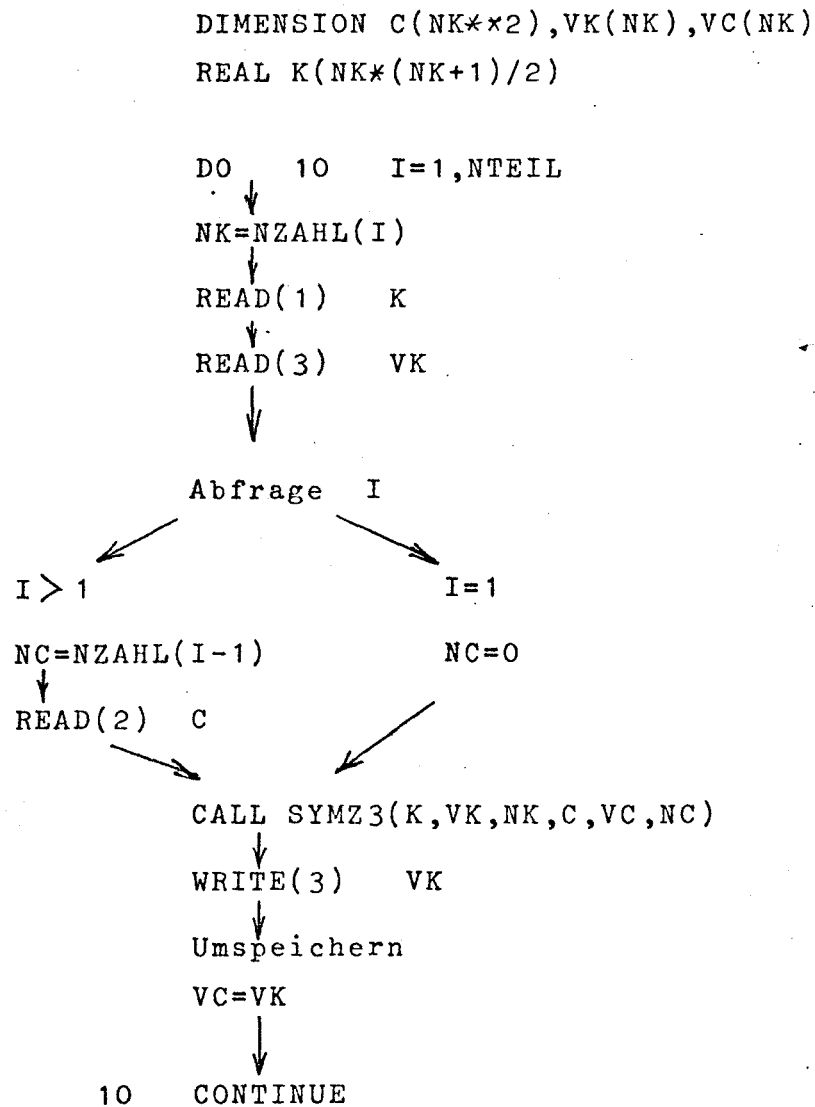


Hierin sind:

NTEIL	Anzahl der Unterteilungen
NZAHL(I)	Anzahl der Zeilen in der i-ten Unterteilung
NK	max(NZAHL(I))
K	Hypermatrix in der Hauptdiagonale
C	Hypermatrix in der Nebendiagonale

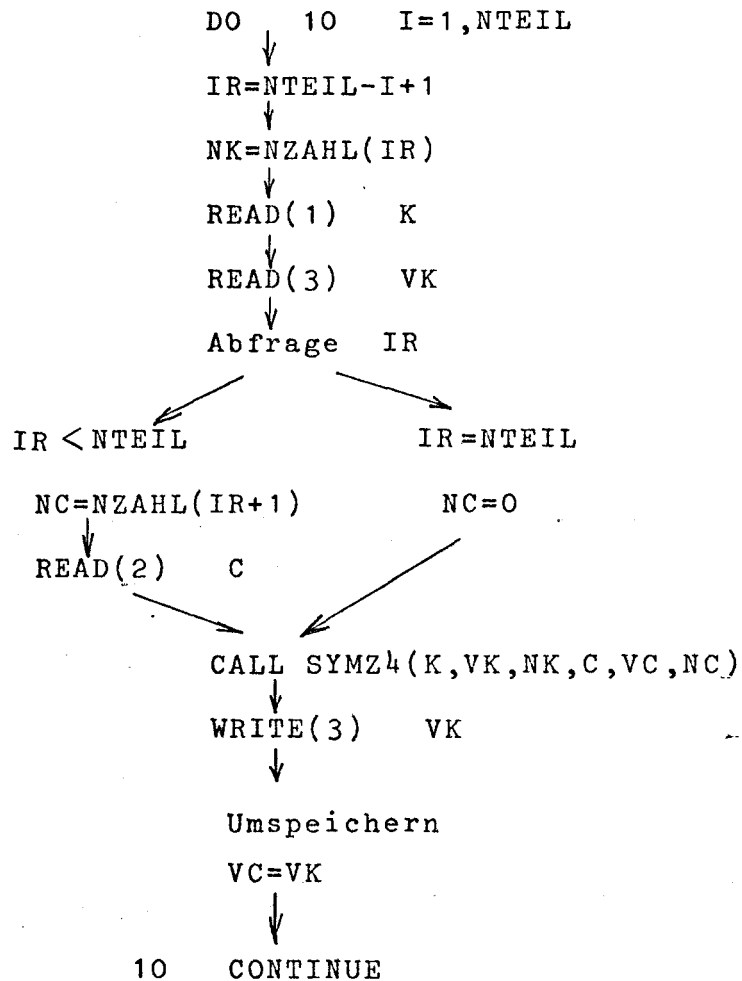
Der lastabhängige Teil gliedert sich in zwei weitere Teile:

Vorwärtslösung



# Rückwärtslösung

DIMENSION und REAL wie oben



Außer den bereits erläuterten Größen sind hierin:

VK,VC	Vektoren für rechte Seite und Lösung;
IR	Zähler für die Rückwärtslösung.

Die Alternativlösung unter Berücksichtigung einer internen Bandbreite in  $C_1$  verläuft für den lastunabhängigen Fall nach demselben Flußdiagramm; lediglich die entsprechenden Unterprogramme SYMZ1 und SYMZ2 müssen durch SYMB1 und SYMB2 ersetzt werden. Die Größen IBAND können für jede Unterteilung in einem Vektor KBAND( zusammengefaßt werden. Dieser ist bis NTEIL-1 zu dimensionieren.

## 5. Liste der Unterprogramme

```
C      SUBROUTINE SYMZ1(K,NK,C,NC)
C
C      -----
C      UNTERPROGRAMM S Y M Z 1 ERMITTELT DIE
C      KOEFFIZIENTEN DER DREIECKSMATRIX IM BEREICH
C      DER IN DER HAUPTDIAGONALE LIEGENDEN HYPERMATRIX
C      -----
C
C      UEBERTRAGENE GROESSEN***
C
C          K    HYPERMATRIX IN DER HAUPTDIAGONALE
C
C          NK   ANZAHL DER ZEILEN BZW. DER
C              SPALTEN IN DER K-MATRIX
C
C          C    HYPERMATRIX UEBER K
C
C          NC   ANZAHL DER ZEILEN IN DER C-MATRIX
C
C      IN BEIDEN MATRIZEN WERDEN DIE GLIEDER
C      LINEAR,NACH FOLGENDEN FORMELN GESPEICHERT
C
C          IN K(I,J)  IJ=J*(J-1)/2+I
C          IN C(I,J)  IJ=NC*(J-1)+I
C
C      IM VERLAUFE DER ERMITTLUNG DER NEUEN
C      KOEFFIZIENTEN IM BEREICH DER K-MATRIX
C      WERDEN DIE EINGANGSKOEFFIZIENTEN UEBERSPEICHERT
C
C      REAL K(1)
C      DIMENSION C(1)
C
C      -----
C      AEUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN K
C      -----
C
C      DO 10 I=1,NK
C      II=I*(I-1)/2+I
C
C      IF(NC) 25,25,24      ABFRAGE ERSTER K-MATRIX
C
C      -----
C      ERMITTLUNG DER DIAGONALGLIEDER
C      -----
C
C      ZEILENSCHLEIFE IN C
C
C      24 DO 20 IC=1,NC
C          ICI=NC*(I-1)+IC
C      20 K(II)=K(II)-C(ICI)**2
C
C      ABFRAGE ERSTER ZEILE
C
C      25 IF(I-1) 21,21,22
C
C      ZEILENSCHLEIFE IN K
C
C      22 IM1=I-1
C      DO 23 IK=1,IM1
C          IKI=I*(I-1)/2+IK
C      23 K(II)=K(II)-K(IKI)**2
C
C      DIAGONALGLIED
C
C      21 K(II)=SQRT(K(II))
C
C      ABFRAGE LETZTER ZEILE
C
C      IF (I-NK) 11,10,10
```



```

C
C -----
C          ERMITTLUNG DER ZEILENGLIEDER
C -----
C
11 IP1=I+1
   DO 30 J=IP1,NK
     IJ=J*(J-1)/2+I
C
C          ABFRAGE ERSTER K-MATRIX
C          IF(NC) 35,35,34
C          ZEILENSCHLEIFE IN C
34 DO 31 LC=1,NC
     LCI=NC*(I-1)+LC
     LCJ=NC*(J-1)+LC
31 K(IJ)=K(IJ)-C(LCI)*C(LCJ)
C
C          ABFRAGE ERSTER ZEILE
C          35 IF(I-1) 30,30,32
C          ZEILENSCHLEIFE IN K
32 DO 33 LK=1,IM1
     LKI=I*(I-1)/2+LK
     LKJ=J*(J-1)/2+LK
33 K(IJ)=K(IJ)-K(LKI)*K(LKJ)
C
C          ZEILENGLIED
30 K(IJ)=K(IJ)/K(II)
C
C
10 CONTINUE
C
C
C          RETURN
C
C          END

```

```

C      SUBROUTINE SYMZ2(K,NK,C,NC)
C
C      -----
C      UNTERPROGRAMM S Y M Z 2 ERMITTELT DIE
C      KOEFFIZIENTEN DER DREIECKSMATRIX IM BEREICH
C      DER IN DER NEBENDIAGONALE LIEGENDEN HYPERMATRIX
C      -----
C
C      UEBERTRAGENE GROESSEN***
C
C          K    HYPERMATRIX IN DER HAUPTDIAGONALE
C
C          NK    ANZAHL DER ZEILEN BZW. DER
C                SPALTEN IN DER K-MATRIX
C
C          C    HYPERMATRIX NEBEN K
C
C          NC    ANZAHL DER SPALTEN IN DER C-MATRIX
C
C      IN BEIDEN MATRIZEN WERDEN DIE GLIEDER
C      LINEAR, NACH FOLGENDEN FORMELN GESPEICHERT
C
C          IN K(I,J)    IJ=J*(J-1)/2+I
C          IN C(I,J)    IJ=NK*(J-1)+I
C
C      IM VERLAUFE DER ERMITTLUNG DER NEUEN
C      KOEFFIZIENTEN IM BEREICH DER C-MATRIX
C      WERDEN DIE EINGANGSKOEFFIZIENTEN UEBERSPEICHERT
C
C      REAL K(1)
C      DIMENSION C(1)
C
C      -----
C      AEUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN K BZW. C
C      -----
C
C      DO 10 I=1,NK
C      II=I*(I-1)/2+I
C
C      -----
C      INNERE SCHLEIFE - SPALTEN IN C
C      -----
C
C      DO 20 J=1,NC
C      IJ=NK*(J-1)+I
C
C      IF(I-1) 20,20,22      ABFRAGE ERSTER ZEILE
C
C      ZEILENSCHLEIFE
C
C      22 IM1=I-1
C      DO 23 L=1,IM1
C      LK1=I*(I-1)/2+L
C      LCJ=NK*(J-1)+L
C      23 C(IJ)=C(IJ)-K(LK1)*C(LCJ)      BILDUNG NEUER GLIEDER
C
C      20 C(IJ)=C(IJ)/K(II)
C
C      10 CONTINUE
C
C      RETURN
C
C      END

```

SUBROUTINE SYMZ3 (K,VK,NK,C,VC,NC)

-----  
 UNTERPROGRAMM S Y M Z 3 ERMITTELT DIE  
 NEUEN LASTVEKTOREN FUER JEDEN LASTFALL  
 -----

UEBERTRAGENE GROESSEN\*\*\*

K HYPERMATRIX IN DER HAUPTDIAGONALE

VK LASTVEKTOR IM BEREICHE VON K

NK ANZAHL DER ZEILEN BZW.  
 SPALTEN IN DER K-MATRIX

C HYPERMATRIX UEBER K

VC LASTVEKTOR IM BEREICHE VON C

NC ANZAHL DER ZEILEN IN  
 DER C-MATRIX

IN BEIDEN MATRIZEN WERDEN DIE GLIEDER  
 LINEAR, NACH FOLGENDEN FORMELN GESPEICHERT

IN K (I,J)  $IJ = J*(J-1)/2 + I$   
 IN C (I,J)  $IJ = NC*(J-1) + I$

IM VERLAUFE DER ERMITTLUNG DER NEUEN  
 KOEFFIZIENTEN VON VK WERDEN DIE  
 URSPRUENGLICHEN LASTGLIEDER UEBERSPEICHERT

REAL K(1)  
 DIMENSION VK(1),C(1),VC(1)

-----  
 AEUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN VK  
 -----

DO 10 I=1,NK  
 II=I\*(I-1)/2+I

ABFRAGE ERSTER K-MATRIX

IF(NC) 25,25,24

ZEILENSCHLEIFE IN C

24 DO 20 IC=1,NC  
 ICI=NC\*(I-1)+IC

20 VK(I)=VK(I)-C(ICI)\*VC(IC)

ABFRAGE ERSTER ZEILE

25 IF(I-1) 10,10,22

ZEILENSCHLEIFE IN K

22 IM1=I-1

DO 23 IK=1,IM1  
 IKI=I\*(I-1)/2+IK

23 VK(I)=VK(I)-K(IKI)\*VK(IK)

BILDUNG NEUER GLIEDER

10 VK(I)=VK(I)/K(II)

RETURN

END

SUBROUTINE SYM24 (K,VK,NK,C,VC,NC)

-----  
 UNTERPROGRAMM S Y M 2 4 FUEHRT DIE  
 RUECKWAERTSLOESUNG FUER EINEN LASTFALL DURCH  
 -----

UEBERTRAGENE GROESSEN\*\*\*

K HYPERMATRIX IN DER DIAGONALE

VK LASTVEKTOR IM BEREICHE VON K

NK ANZAHL DER ZEILEN BZW.  
 SPALTEN IN DER K-MATRIX

C HYPERMATRIX NEBEN K

VC LOESUNGSVEKTOR IM BEREICHE VON C

NC ANZAHL DER SPALTEN IN  
 DER C-MATRIX

IM VERLAUFE DER RUECKWAERTSLOESUNG WERDEN  
 DIE LINEAR, NACH FOLGENDEN FORMELN GESPEICHERT

IN K (I,J) IJ=J\*(J-1)/2+I  
 IN C (I,J) IJ=NK\*(J-1)+I

IM VERLAUFE DER RUECKWAERTSLOESUNG WERDEN  
 DIE LASTGLIEDER IN VEKTOR VK UEBERSPEICHERT

REAL K(1)  
 DIMENSION VK(1),C(1),VC(1)

-----  
 AUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN VK  
 -----

DO 10 I=1,NK  
 IR=NK-I+1  
 IRI=IR\*(IR-1)/2+IR

ABFRAGE LETZTER K-MATRIX

IF(NC) 25,25,24

SPALTENSCHLEIFE IN C

24 DO 20 IC=1,NC  
 IRI=IK\*(IC-1)+IR

20 VK(IR)=VK(IR)-VC(IC)\*C(IRIC)

ABFRAGE LETZTER ZEILE

25 IF(IR-NK) 22,10,10

SPALTENSCHLEIFE IN K

22 IP1=IR+1

DO 23 IK=IP1,NK

IRIK=IK\*(IK-1)/2+IR

23 VK(IR)=VK(IR)-VK(IK)\*K(IRIK)

BILDUNG NEUER GLIEDER

10 VK(IR)=VK(IR)/K(IRIR)

RETURN

END

SUBROUTINE SYMB1 (K,NK,C,NC,IBAND)

-----  
 UNTERPROGRAMM S Y M B 1 ERMITTELT DIE  
 KOEFFIZIENTEN DER DREIECKSMATRIX IM BEREICH  
 DER IN DER HAUPTDIAGONALE LIEGENDEN HYPERMATRIX  
 UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER MINIMALEN BANDBREITE  
 -----

UEBERTRAGENE GROESSEN\*\*\*

K HYPERMATRIX IN DER HAUPTDIAGONALE  
 NK ANZAHL DER ZEILEN BZW. DER  
 SPALTEN IN DER K-MATRIX  
 C HYPERMATRIX UEBER K  
 NC ANZAHL DER ZEILEN IN DER C-MATRIX  
 IBAND BANDBREITE IN DER C-MATRIX  
 (VGL. ERLAEUTERUNGEN)

IN BEIDEN MATRIZEN WERDEN DIE GLIEDER  
 LINEAR,NACH FOLGENDEN FORMELN GESPEICHERT

IN K(I,J) IJ=J\*(J-1)/2+I  
 IN C(I,J) IJ=NC\*(J-1)+1

IM VERLAUFE DER ERMITTLUNG DER NEUEN  
 KOEFFIZIENTEN IM BEREICH DER K-MATRIX  
 WERDEN DIE EINGANGSKOEFFIZIENTEN UEBERSPEICHERT

REAL K(1)  
 DIMENSION C(1)

-----  
 AEUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN K  
 -----

DO 10 I=1,NK  
 II=I\*(I-1)/2+1

ABFRAGE ERSTER K-MATRIX

IF(NC) 25,25,24

-----  
 ERMITTLUNG DER DIAGONALGLIEDER  
 -----

24 NC1=1

```

C      IF(I-IBAND) 26,27,27      ABFRAGE BANDBREITE
27 NC1=I-IBAND+1
C      ZEILENSCHLEIFE IN C
26 DO 20 IC=NC1,NC
    IC1=NC*(I-1)+IC
20 K(I1)=K(I1)-C(IC1)**2
C      ABFRAGE ERSTER ZEILE
25 IF(I-1) 21,21,22
C      ZEILENSCHLEIFE IN K
22 IM1=I-1
    DO 23 IK=1,IM1
    IK1=I*(I-1)/2+IK
23 K(I1)=K(I1)-K(IK1)**2
C      DIAGONALGLIED
21 K(I1)=SQRT(K(I1))
C      ABFRAGE LETZTER ZEILE
    IF (I-NK) 11,10,10
C
C      -----
C      ERMITTLUNG DER ZEILENGLIEDER
C      -----
C
11 IP1=I+1
    DO 30 J=IP1,NK
    IJ=J*(J-1)/2+1
C      ABFRAGE ERSTER K-MATRIX
    IF(NC) 35,35,34
34 NC1=1
C      ABFRAGE BANDBREITE
    IF(J-IBAND) 36,37,37
37 NC1=J-IBAND+1
C      ZEILENSCHLEIFE IN C
36 DO 31 LC=NC1,NC
    LC1=NC*(I-1)+LC
    LCJ=NC*(J-1)+LC
31 K(IJ)=K(IJ)-C(LC1)*C(LCJ)
C      ABFRAGE ERSTER ZEILE
35 IF(I-1) 30,30,32
C      ZEILENSCHLEIFE IN K
32 DO 33 LK=1,IM1
    LK1=I*(I-1)/2+LK
    LKJ=J*(J-1)/2+LK
33 K(IJ)=K(IJ)-K(LK1)*K(LKJ)
C      ZEILENGLIED
30 K(IJ)=K(IJ)/K(I1)
C
C
10 CONTINUE
C
C      RETURN
C
C      END

```

```

C
C
C      SUBROUTINE SYMB2 (K,NK,C,NC,IBAND)
C
C      -----
C      UNTERPROGRAMM S Y M B 2  ERMITTELT DIE
C      KOEFFIZIENTEN DER DREIECKSMATRIX IM BEREICH
C      DER IN DER NERENDIAGONALE LIEGENDEN HYPERMATRIX
C      UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER MINIMALEN BANDBREITE
C      -----
C
C      UEBERTRAGENE GROESSEN***
C
C          K   HYPERMATRIX IN DER HAUPTDIAGONALE
C
C          NK  ANZAHL DER ZEILEN BZW. DER
C              SPALTEN IN DER K-MATRIX
C
C          C   HYPERMATRIX NEBEN K
C
C          NC  ANZAHL DER SPALTEN IN DER C-MATRIX
C
C          IBAND  BANDBREITE IN DER C-MATRIX
C              (VGL. ERLAEUTERUNGEN)
C
C      IN BEIDEN MATRIZEN WERDEN DIE GLIEDER
C      LINEAR, NACH FOLGENDEN FORMELN  GESPEICHERT
C
C          IN K(I,J)   IJ=J*(J-1)/2+I
C          IN C(I,J)   IJ=NK*(J-1)+I
C
C
C      IM VERLAUFE DER ERMITTLUNG DER NEUEN
C      KOEFFIZIENTEN IM BEREICH DER C-MATRIX
C      WERDEN DIE EINGANGSKOEFFIZIENTEN UEBERSPEICHERT
C
C
C      REAL K(1)
C      DIMENSION C(1)
C
C      -----
C      AEUSSERE SCHLEIFE - ZEILEN IN K BZW. C
C      -----
C
C      NC1=IBAND-1
C      DO 10 I=1,NK
C      II=I*(I-1)/2+I
C
C      -----
C      INNERE SCHLEIFE - SPALTEN IN C
C      -----
C
C      NC1=NC1+1
C
C      ABFRAGE SPALTENANZAHL
C      IF(NC1-NC) 24,24,25
C 25 NC1=NC
C

```

```
24 DO 20 J=1,NC1
    IJ=NK*(J-1)+1
C      IF(I-1) 20,20,22      ABFRAGE ERSTER ZEILE
22 L1=1
C      IF(J-IBAND) 26,27,27  ABFRAGE BANDBREITE
27 L1=J-IBAND+1
C      ZEILENSCHLEIFE
26 IM1=I-1
C      ABFRAGE LETZTES ZEILENGLIED
    IF(L1-IM1) 28,28,20
28 DO 23 L=L1,IM1
    LKI=I*(I-1)/2+L
    LCJ=NK*(J-1)+L
23 C(IJ)=C(IJ)-K(LKI)*C(LCJ)
C      BILDUNG NEUER GLIEDER
20 C(IJ)=C(IJ)/K(II)
C
C
C 10 CONTINUE
C
C      RETURN
C
C      END
```



19. Okt. 2006

00

30-0513/001